

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-082225

(43)Date of publication of application : 22.03.1994

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G06F 15/62

G06F 15/64

(21)Application number : 04-236990

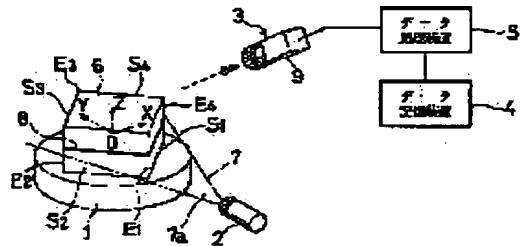
(71)Applicant : KOYO SEIKO CO LTD

(22)Date of filing : 04.09.1992

(72)Inventor : NISHIZAKI KATSUTOSHI
HIYAMIZU YOSHINOBU**(54) METHOD OF CALCULATING CENTER POSITION OF ROTATION OF OBJECT TO BE MEASURED IN THREE DIMENSIONAL SHAPE MEASUREMENT****(57)Abstract:**

PURPOSE: To enable cross-section shape data and three-dimensional data of an object to be measured as a whole to be accurately determined by calculating the position of the center axis of rotation of a stage of the object to be measured simply and accurately.

CONSTITUTION: A regularly square pole-shaped reference member 6 is fixed on a stage 1 of an object 1 to be measured and two orthogonal sides S1 and S2 sandwiching one edge line E1 of the reference member 6 are irradiated with a slit light 7 to photograph a light cutting line 8 formed on the sides S1 and S2 with a TV camera 9 and 4 two dimensional image data at an inflection point of the light cutting line image in a screen coordinate system is converted to two dimensional shape data in a measuring coordinate system. So, a coordinate value in the measuring coordinate system of the edge line E1 is calculated to rotate the stage 1 by 90° each on the center axis of the rotation of the object to be measured and the coordinate values in the above measuring coordinate systems are calculated about remaining three edge lines E2, E3 and E4 of the reference member 6. The values thus obtained in the measuring coordinate systems of the four edge lines E1, E2, E3 and E4 are used to calculate the position of the center axis of rotation of the object to be measured in the measuring coordinate systems.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-82225

(43)公開日 平成6年(1994)3月22日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 B 11/24

C 9108-2F

G 0 6 F 15/62

4 1 5

9287-5L

15/64

M 9073-5L

審査請求 未請求 請求項の数1(全 8 頁)

(21)出願番号

特願平4-236990

(22)出願日

平成4年(1992)9月4日

(71)出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72)発明者 西崎 勝利

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

(72)発明者 冷水 由信

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

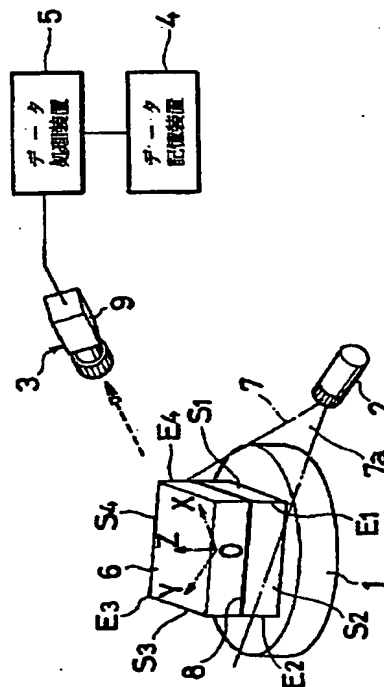
(74)代理人 弁理士 岸本 瑛之助 (外3名)

(54)【発明の名称】 3次元形状測定における被測定物回転中心位置の算出方法

(57)【要約】

【目的】 被測定物ステージの回転中心軸の位置を簡単にかつ正確に算出し、被測定物全体の断面形状データおよび3次元形状データを正確に求めることができるようにする。

【構成】 正四角柱状の基準部材6を被測定物ステージ1に固定し、基準部材6の1つの稜線E1を挟む2つの直交側面S1、S2にスリット光7を照射して、側面S1、S2に形成される光切断線8をテレビカメラ9で撮像し、画面座標系における光切断線像の屈曲点の2次元画像データを測定座標系における2次元形状データに変換することにより、稜線E1の測定座標系における座標値を算出し、被測定物回転中心軸を中心にステージ1を90度ずつ回転させて、基準部材6の残りの3つの稜線E2、E3、E4について上記の測定座標系における座標値の算出を行い、このようにして求めた4つの稜線E1、E2、E3、E4の測定座標系における座標値を用いて、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】被測定物ステージに固定した被測定物にスリット光源装置からスリット光を照射し、このスリット光が被測定物の表面に当たって形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、2次元撮像装置の画面座標系における光切断線像の2次元画像データを、変換位置データを用いて、スリット光面を含む測定座標系における光切断線の2次元形状データに変換し、スリット光面と直交する一定の被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを一定のステップ角度ずつ複数ステップ回転させて、各回転ステップ位置において、上記の2次元画像データから2次元形状データへの変換を行い、このようにして得られた複数の2次元形状データから、スリット光面における被測定物の断面形状データを合成し、上記被測定物回転中心軸の方向に被測定物ステージを一定のステップ長さずつ複数ステップ移動させて、各移動ステップ位置において、上記の断面形状データの合成を行い、このようにして得られた複数の断面形状データから、被測定物の3次元形状データを合成する3次元形状測定を行うに際し、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出する方法であって、

1辺の長さが既知である正四角柱状の基準部材を、その中心軸が被測定物回転中心軸の近傍に位置して被測定物回転中心軸と平行になるように、被測定物ステージに固定し、基準部材の正四角柱の1つの稜線を挟む2つの直交側面にスリット光が照射されるように被測定物ステージを停止させた状態で、これら2つの直交側面に形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、画面座標系における光切断線像の屈曲点の2次元画像データを測定座標系における2次元形状データに変換することにより、上記稜線の測定座標系における座標値を算出し、被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを90度ずつ回転させて、基準部材の正四角柱の残りの3つの稜線について上記の測定座標系における座標値の算出を行い、このようにして求めた4つの稜線の測定座標系における座標値を用いて、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出することを特徴とする3次元形状測定における被測定物回転中心位置の算出方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】この発明は、光切断法を用いた3次元形状測定における被測定物回転中心位置の算出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光切断法を用いた3次元形状測定は、通常、次のように行われている。

【0003】被測定物ステージに固定した被測定物にスリット光源装置からスリット光を照射し、このスリット光が被測定物の表面に当たって形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、2次元撮像装置の画面座標系に

における光切断線像の2次元画像データを、変換位置データを用いて、スリット光面を含む測定座標系における光切断線の2次元形状データに変換する。スリット光面と直交する方向に被測定物ステージを一定のステップ長さずつ複数ステップ移動させて、各移動ステップ位置において、上記の2次元画像データから2次元形状データへの変換を行い、このようにして得られた複数の2次元形状データから、被測定物の3次元形状データを合成する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記のような方法では、被測定物の全体形状のうち、スリット光が照射される片側の形状しか測定することができない。

【0005】被測定物の全体形状を測定するには、スリット光面と直交する一定の被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを一定のステップ角度ずつ複数ステップ回転させて、各回転ステップ位置において、上記のような2次元画像データから2次元形状データへの変換を行い、このようにして得られた複数の2次元画像データから、スリット光面における被測定物の断面形状データを合成する必要がある。このように被測定物の断面形状の合成を行う場合、測定座標系の回転中心軸（スリット光面の原点を通りスリット光面と直交する軸）と実際の被測定物ステージの回転中心軸との間にずれがあると、被測定物ステージを回転させながら2次元画像データから変換した2次元形状データの間にずれが生じ、これらを合成しても被測定物の正確な断面形状データは得られない。したがって、被測定物の正確な断面形状データを得るには、被測定物ステージの回転中心軸の位置を正確に求めることが必要である。

【0006】ところが、被測定物ステージの回転中心軸の位置を正確に求めることは非常に困難であり、従来、これが簡単にできる方法はなかった。このため、被測定物の断面形状データを正確に求めることは非常に困難であり、したがって、被測定物全体の3次元形状データを正確に求めることも非常に困難であった。

【0007】この発明の目的は、上記の問題を解決し、被測定物ステージの回転中心軸の位置を簡単にかつ正確に算出することができ、よって被測定物全体の断面形状データおよび3次元形状データを正確に求めることができる3次元形状測定における被測定物回転中心位置の算出方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明による3次元形状測定における被測定物回転中心位置の算出方法は、被測定物ステージに固定した被測定物にスリット光源装置からスリット光を照射し、このスリット光が被測定物の表面に当たって形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、2次元撮像装置の画面座標系における光切断線像の2次元画像データを、変換位置データを用いて、ス

リット光面を含む測定座標系における光切断線の2次元形状データに変換し、スリット光面と直交する一定の被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを一定のステップ角度ずつ複数ステップ回転させて、各回転ステップ位置において、上記の2次元画像データから2次元形状データへの変換を行い、このようにして得られた複数の2次元形状データから、スリット光面における被測定物の断面形状データを合成し、上記被測定物回転中心軸の方向に被測定物ステージを一定のステップ長さずつ複数ステップ移動させて、各移動ステップ位置において、上記の断面形状データの合成を行い、このようにして得られた複数の断面形状データから、被測定物の3次元形状データを合成する3次元形状測定を行うに際し、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出する方法であって、1辺の長さが既知である正四角柱状の基準部材を、その中心軸が被測定物回転中心軸の近傍に位置して被測定物回転中心軸と平行になるように、被測定物ステージに固定し、基準部材の正四角柱の1つの稜線を挟む2つの直交側面にスリット光が照射されるように被測定物ステージを停止させた状態で、これら2つの直交側面に形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、画面座標系における光切断線像の屈曲点の2次元画像データを測定座標系における2次元形状データに変換することにより、上記稜線の測定座標系における座標値を算出し、被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを90度ずつ回転させて、基準部材の正四角柱の残りの3つの稜線について上記の測定座標系における座標値の算出を行い、このようにして求めた4つの稜線の測定座標系における座標値を用いて、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出することを特徴とするものである。

【0009】

【作用】1辺の長さが既知である正四角柱状の基準部材を、その中心軸が被測定物回転中心軸の近傍に位置して被測定物回転中心軸と平行になるように、被測定物ステージに固定し、基準部材の正四角柱の1つの稜線を挟む2つの直交側面にスリット光が照射されるように被測定物ステージを停止させた状態で、これら2つの直交側面に形成される光切断線を2次元撮像装置で撮像し、画面座標系における光切断線像の屈曲点の2次元画像データを測定座標系における2次元形状データに変換することにより、上記稜線の測定座標系における座標値を算出し、被測定物回転中心軸を中心に被測定物ステージを90度ずつ回転させて、基準部材の正四角柱の残りの3つの稜線について上記の測定座標系における座標値の算出を行い、このようにして求めた4つの稜線の測定座標系における座標値を用いて、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を算出するので、基準部材を準備して上記のような操作を行うだけで、被測定物ステージの回転中心軸の位置を簡単にかつ正確に算出することができ

る。したがって、被測定物全体の断面形状データおよび3次元形状データを正確に求めることができる。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照して、この発明の実施例について説明する。

【0011】図1および図2は3次元形状測定装置の全体概略構成を示しており、この装置は、被測定物ステージ(1)、スリット光源装置(2)、2次元撮像装置(3)、データ記憶装置(4)およびデータ処理装置(5)を備えている。

【0012】スリット光源装置(2)は、図示しないLD(レーザダイオード)、シリンドリカルレンズなどを用いて、ステージ(1)の上に固定された被測定物または基準部材(6)にスリット光(7)を照射するためのものである。この場合、スリット光面(7a)は水平であり、この面(7a)内に、互いに直交するX軸とY軸とからなる測定座標系が設定されている。X軸とY軸が交差する測定座標系の原点(0)を通してこれらと直交する垂直軸を測定座標系の回転中心軸またはZ軸と呼ぶことにする。

【0013】ステージ(1)の上面には、被測定物または基準部材(6)が固定される。ステージ(1)は、図示しない適当な駆動手段により、Z軸の近傍の垂直な一定の被測定物回転中心軸を中心に回転させられるとともに、Z軸方向(垂直方向)に移動させられるようになっている。ステージ(1)はX軸方向およびY軸方向にも移動させられるようになっている場合があるが、このような場合でも、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置は一定になるようになされている。

【0014】2次元撮像装置(3)は、スリット光(7)が被測定物または基準部材(6)の表面に当たって形成される光切断線(8)を撮像してその2次元画像データをデータ処理装置(5)に出力するためのものであり、2次元撮像素子を有するテレビカメラ(9)などを備えている。図3に、テレビカメラ(9)で撮像された光切断線(8)のテレビ画像(光切断線像)(10)が示されている。光切断線像(10)の2次元画像データは、テレビ画面(2次元撮像素子)上の互いに直交するU軸とV軸とからなる画面座標系を用いて表わされる。

【0015】データ記憶装置(4)は、画面座標系における2次元画像データを測定座標系における2次元形状データに変換する変換位置データを記憶しておくためのものであり、たとえばマイコン(マイクロコンピュータ)のメモリによって構成されている。変換位置データは、後述する被測定物回転中心軸の位置の算出および被測定物の3次元形状測定に先立ち、キャリブレーションによって得られる。

【0016】データ処理装置(5)は、ステージ(1)の回転および移動の制御、変換位置データを用いた2次元画像データの変換処理などを行うことにより、被測定物回転中心軸の位置の算出および被測定物の3次元形状デー

タの合成などを行うためのものであり、たとえばマイコンによって構成されている。

【0017】上記の3次元形状測定装置において、測定に先立ち、公知の方法で、キャリブレーションが行われ、変換位置データが求められて、これがデータ記憶装置(4)に記憶される。

【0018】キャリブレーションが終了すると、次のように、ステージ(1)の被測定物回転中心軸の位置の算出が行われる。

【0019】まず、図1および図2に示すように、基準部材(6)がステージ(1)の上に固定される。基準部材(6)は1片の長さが既知の正四角柱状のものであり、その中心軸が垂直になって被測定物回転中心軸の近傍に位置するようにステージ(1)に固定される。これにより、基準部材(6)の中心軸は被測定物回転中心軸と平行になり、基準部材(6)の4つの側面(S1)(S2)(S3)(S4)と稜線(E1)(E2)(E3)(E4)も垂直になる。基準部材(6)の4つの側面(S1)~(S4)を、上から見て時計回りに順に第1側面(S1)、第2側面(S2)、第3側面(S3)、第4側面(S4)と呼び、第1側面(S1)と第2側面(S2)の間の稜線(E1)を第1稜線、第2側面(S2)と第3側面(S3)の間の稜線(E2)を第2稜線、第3側面(S3)と第4側面(S4)の間の稜線(E3)を第3稜線、第4側面(S4)と第1側面(S1)の間の稜線(E4)を第4稜線と呼ぶことにする。

【0020】基準部材(6)がステージ(1)に固定されたならば、最初は、第1稜線(E1)がスリット光源装置(2)側に位置して第1側面(S1)と第2側面(S2)にスリット光(7)が照射されるようにステージ(1)が停止させられる。このときのステージ(1)および基準部材(6)の位置を初期位置ということにする。初期位置にある基準部材(6)のスリット光面(7a)による水平断面形状が、図4に実線で示されている。このスリット光面(7a)内における点の位置は、前述のように、測定座標系のX軸座標値とY軸座標値で表わされる。図4において、P1(X1, Y1)は第1稜線(E1)がスリット光面(7a)と交差する点(第1頂点)、P2(X2, Y2)は第2稜線(E2)がスリット光面(7a)と交差する点(第2頂点)、P3(X3, Y3)は第3稜線(E3)がスリット光面(7a)と交差する点(第3頂点)、P4(X4, Y4)は第4稜線(E4)がスリット光面(7a)と交差する点(第4頂点)を表わしている。これらの頂点P1、P2、P3、P4は、測定座標系における4つの稜線(E1)~(E4)の位置を表わしている。また、R(Xr, Yr)は、ステージ(1)の被測定物回転中心軸がスリット光面(7a)と交差する点(回転中心点)を表わしており、したがって、測定座標系における被測定物回転中心軸の位置を表わしている。

【0021】上記のようにステージ(1)および基準部材(6)が初期位置に停止させられた状態で、テレビカメラ(9)により第1側面(S1)および第2側面(S2)に形成された光切断線(8)が撮像される。このときの光切断線像(10)

が図3に示されており、この画面座標系における光切断線像(10)の屈曲点(10a)が測定座標系における初期位置にある第1頂点P1に対応している。そこで、変換位置データを用いて、この画面座標系における屈曲点(10a)の2次元画像データが測定座標系における2次元形状データに変換され、測定座標系における第1頂点P1の座標値が算出される。このようにして求められた基準位置における第1頂点P1の位置が図4にQ1(x1, y1)で示されている。この場合、基準部材(6)は初期位置にあるので、頂点Q1は初期位置における第1頂点P1と一致している。このとき、同時に、図3における屈曲点(10a)の右側の光切断線像(10)上に任意の1点(10b)がとられ、変換位置データを用いて、この点(10b)の2次元画像データが測定座標系における2次元形状データに変換され、測定座標系において、屈曲点(10a)に対応する頂点Q1とこの点(10b)に対応する点とを結ぶ直線Aの方向ベクトル $A_v = (X_a, Y_a)$ が求められる。

【0022】次に、ステージ(1)が被測定物回転中心軸を中心に上から見て反時計回りに90度回転させられ、第2稜線(E2)がスリット光源装置(2)側に位置して第2側面(S2)と第3側面(S3)にスリット光(7)が照射されるようにステージ(1)が停止させられる。そして、このような状態で、テレビカメラ(9)により第2側面(S2)および第3側面(S3)に形成された光切断線(8)が撮像され、前記同様、画面座標系における光切断線像(10)の屈曲点(10a)の2次元画像データが測定座標系における2次元形状データに変換され、第2頂点P2の座標値が算出される。このようにして求められた第2頂点P2の位置が図4にQ2(x2, y2)で示されている。この場合、頂点Q2は初期位置における第2頂点P2を回転中心点Rを中心に上から見て時計回りに90度回転させた位置にある。このときのステージ(1)および基準部材(6)の位置を90度回転位置ということにする。

【0023】次に、ステージ(1)がさらに被測定物回転中心軸を中心に上から見て反時計回りに90度回転させられ、前記同様、測定座標系における第3頂点P3の座標値が算出される。このようにして求められた第3頂点P3の位置が図4にQ3(x3, y3)で示されている。この場合、頂点Q3は初期位置における第3頂点P3を回転中心点Rを中心に上から見て時計回りに180度回転させた位置にある。このときのステージ(1)および基準部材(6)の位置を180度回転位置ということにする。

【0024】次に、ステージ(1)がさらに被測定物回転中心軸を中心に上から見て反時計回りに90度回転させられ、前記同様、測定座標系における第4頂点P4の座標値が算出される。このようにして求められた第4頂点P4の位置が図4にQ4(x4, y4)で示されている。この場合、頂点Q4は初期位置における第4頂点P

4 を回転中心点Rを中心に上から見て時計回りに270度回転させた位置にある。このときのステージ(1) および基準部材(6) の位置を270度回転位置ということにする。

【0025】このようにして、初期位置における頂点Q1の座標値(x_1, y_1) および直線Aの方向ベクトル $A_v = (X_a, Y_a)$ 、90度回転位置における頂点Q2の座標値(x_2, y_2)、180度回転位置における頂点Q3の座標値(x_3, y_3)、270度回転位置における頂点Q4の座標値(x_4, y_4) が算出されたならば、これらを用いて、測定座標系における回転中心点Rの座標値(X_r, Y_r) が算出される。

【0026】回転中心点Rの座標値(X_r, Y_r) を算出するための式は、次のようにして導かれる。

$$\begin{aligned} \text{【0027】図4において、頂点P1～P4のX座標値} \\ (X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 \\ = (x_1 + x_3 - 2 \cdot X_r)^2 + (y_1 + y_3 - 2 \cdot Y_r)^2 \\ = D^2 \\ (X_2 - X_4)^2 + (Y_2 - Y_4)^2 \\ = (x_2 + x_4 - 2 \cdot X_r)^2 + (y_2 + y_4 - 2 \cdot Y_r)^2 \\ = D^2 \end{aligned}$$

これらの式より、次の式が導かれる。

$$\begin{aligned} \text{【0030】} \\ \{X_r - (x_1 + x_3)/2\}^2 + \{Y_r - (y_1 + y_3)/2\}^2 \\ = (D/2)^2 \quad \dots(1) \\ \{X_r - (x_2 + x_4)/2\}^2 + \{Y_r - (y_2 + y_4)/2\}^2 \\ = (D/2)^2 \end{aligned}$$

4つの頂点Q1～Q4で形成される四角形は正方形である。この正方形の対角線の交点をC(X_c, Y_c)とすると、次の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{【0031】} X_c = (x_1 + x_3)/2 \quad \dots(2) \\ (X_r - X_c)^2 + (Y_r - Y_c)^2 = (D/2)^2 \quad \dots(4) \end{aligned}$$

この式(4)は、回転中心点RがQ1～Q4で形成される正方形(Q1-Q2-Q3-Q4)の対角線の交点Cを中心とする半径($D/2$)の円周上に存在することを示している。

【0033】 $r = D/2$ とすると、上記の式(4)は次のようになる。

$$\text{【0034】} (X_r - X_c)^2 + (Y_r - Y_c)^2 = r^2 \quad \dots(5)$$

ところで、正方形(P1-P2-P3-P4)の対角線(P1-P3)の傾きは、頂点P1の頂角の2等分線Lの傾きに一致しなければならない。頂点P1の頂角を形成する2つの直線のうち、図4の右側にある頂点P1と頂点P4を結ぶ直線Aの方向ベクトルを $A_v = (X_a, Y_a)$ とすると、2

$$\begin{aligned} M &= (Y_1 - Y_3) / (X_1 - X_3) \\ &= (y_1 + y_3 - 2 \cdot Y_r) / (x_1 + x_3 - 2 \cdot X_r) \\ &= \{Y_r - (y_1 + y_3)/2\} / \{X_r - (x_1 + x_3)/2\} \\ &= (Y_r - Y_c) / (X_r - X_c) \end{aligned}$$

この式は、対角線(P1-P3)の傾きMが回転中心点R(X_r, Y_r)と正方形(Q1-Q2-Q3-Q4)の対角線の交点C(X_c, Y_c)とを結ぶ直線の傾きに等しいことを

$X_1 \sim X_4$ およびY座標値 $Y_1 \sim Y_4$ は、次のように、頂点Q1～Q4のX座標値 $x_1 \sim x_4$ およびY座標値 $y_1 \sim y_4$ ならびに回転中心点RのX座標値 X_r およびY座標値 Y_r を用いて表わされる。

$$\begin{aligned} \text{【0028】} X_1 &= x_1 \\ Y_1 &= y_1 \\ X_2 &= y_2 - Y_r + X_r \\ Y_2 &= -x_2 + X_r + Y_r \\ X_3 &= -x_3 + 2 \cdot X_r \\ Y_3 &= -y_3 + 2 \cdot Y_r \\ X_4 &= -y_4 + X_r + Y_r \\ Y_4 &= x_4 - X_r + Y_r \end{aligned}$$

4つの頂点P1～P4で形成される正方形(P1-P2-P3-P4)の対角線の長さをDとすると、次の式が成り立つ。

【0029】

$$\begin{aligned} \text{【0030】} \\ Y_c &= (y_1 + y_3)/2 \quad \dots(3) \end{aligned}$$

したがって、上記の式(1)は次のようになる。

【0032】

等分線Lの方向ベクトル L_v は A_v を頂点P1を中心に上から見て($\pi/4$)の角度回転させたものであり、次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{【0035】} \\ L_v &= \{(X_a - Y_a)/\sqrt{2}, (X_a + Y_a)/\sqrt{2}\} \\ \text{したがって、2等分線Lの傾きKは次の式で表わされる。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{【0036】} \\ K &= (X_a + Y_a) / (X_a - Y_a) \quad \dots(6) \\ \text{一方、対角線(P1-P3)の傾きMは次の式で表わされる。} \end{aligned}$$

【0037】

示している。

【0038】また、対角線(P1-P3)の傾きMは2等分線Lの傾きKと等しいので、回転中心点R(X_r, Y_r)

と正方形(Q1-Q2-Q3-Q4)の対角線の交点C(X_c 、 Y_c)とを結ぶ直線の傾きは2等分線Lの傾きKに等しいことになる。したがって、回転中心点Rは、前記の式(5)で表わされる円と次の式(7)で表わされる直線との交点であって、かつ第3頂点P3側の点であることになる。

$$【0039】 Y_r - Y_c = K \cdot (X_r - X_c) \quad \cdots (7)$$

式(5)および式(7)より、 $K > 0$ のときは、 X_r および Y_r は次式(8)および式(9)のようになる。

$$【0040】 X_r = X_c + r / \sqrt{1 + K^2} \quad \cdots (8)$$

$$Y_r = Y_c + r \cdot K / \sqrt{1 + K^2} \quad \cdots (9)$$

$K < 0$ のときは、 X_r および Y_r は次式(10)および式(11)のようになる。

$$【0041】 X_r = X_c - r / \sqrt{1 + K^2} \quad \cdots (10)$$

$$Y_r = Y_c - r \cdot K / \sqrt{1 + K^2} \quad \cdots (11)$$

基準部材(6)の1辺の長さは既知であるから、対角線(P1-P3)の長さDの1/2の長さrは既知である。2等分線Lの傾きKは、先に求められた直線Aの方向ベクトル $A_v = (X_a, Y_a)$ を用いて、式(6)より算出される。また、正方形(Q1-Q2-Q3-Q4)の対角線の交点Cの座標値(X_c 、 Y_c)は、頂点Q1の座標値(x_1 、 y_1)および頂点Q3の座標値(x_3 、 y_3)を用いて、式(2)および式(3)より算出される。そして、これらr、K、 X_c および Y_c を用いて、式(8)および(9)または式(10)および式(11)より X_r および Y_r が算出される。

【0042】回転中心点Rが正方形(P1-P2-P3-P4)の対角線の交点と一致している場合、4つの頂点Q1~Q4は一致する。この場合は、これらの頂点Q1~Q4の座標値を X_c 、 Y_c として、計算を行えばよい。

【0043】前記の式(6)において2等分線Lの傾きKが無限大となる場合すなわち $X_a = Y_a$ となる場合は、2等分線LがY軸と平行であり、かつこの2等分線L上に回転中心点R(X_r 、 Y_r)が存在するから、次の式(12)および(13)または式(14)および式(15)を用いて X_r および Y_r が算出される。

$$【0044】 X_r = x_1 \quad \cdots (12)$$

$$Y_r = (y_1 + y_3 + D) / 2 \quad \cdots (13)$$

$$X_r = x_3 \quad \cdots (14)$$

$$Y_r = (y_1 + y_3 + D) / 2 \quad \cdots (15)$$

このようにして、回転中心点Rの座標値(X_r 、 Y_r)が算出されることにより、測定座標系におけるステージ(1)の被測定物回転中心軸の位置が求められる。この回転中心点Rの座標値(X_r 、 Y_r)は、データ記憶装置(4)に記憶され、この後、ステージ(1)から基準部材(6)が取り外されて、図示しない被測定物が固定され、次のようにして、被測定物の3次元形状の測定が行われる。

【0045】まず、ステージ(1)がX、Y、Z軸方向および回転方向の所定の初期位置に停止させられ、この状

態で、スリット光(7)が被測定物の表面に当たって形成される光切断線がテレビカメラ(9)で撮像され、画面座標系における光切断線像の2次元画像データがデータ処理装置(5)に送られる。データ処理装置(5)では、変換位置データを用いて、この2次元画像データが測定座標系における2次元形状データに変換される。次に、ステージ(1)がX、Y、Z軸方向には固定された状態で、被測定物回転中心軸を中心に一定のステップ角度ずつ複数ステップ回転させられて複数の回転ステップ位置に停止させられ、各回転ステップ位置において、上記のように、2次元画像データから2次元形状データへの変換が行われる。そして、複数の回転ステップ位置における2次元画像データから、スリット光面(7a)における被測定物の断面形状データが合成される。このとき、先に算出された被測定物回転中心軸の位置を用いて補正を行うことにより、各回転ステップ位置における2次元形状データの間のずれを除去して、正確な断面形状データを得ることができる。

【0046】Z軸方向の1つの位置における断面形状データの合成が終了したならば、ステージ(1)がX、Y軸方向には固定された状態で、Z軸方向に一定のステップ長さずつ移動させられて移動ステップ位置に停止させられ、各移動ステップ位置において、上記同様に、断面形状データの合成が行われる。そして、複数の移動ステップ位置における断面形状データから、被測定物の3次元形状データが合成され、測定が終了する。

【0047】

【発明の効果】この発明の方法によれば、上述のように、被測定物ステージの回転中心軸の位置を簡単にかつ正確に算出することができ、したがって、被測定物全体の断面形状データおよび3次元形状データを正確に求めることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す3次元形状測定装置の概略構成図である。

【図2】図1の3次元形状測定装置の平面図である。

【図3】基準部材の光切断線のテレビ画像の1例を示す説明図である。

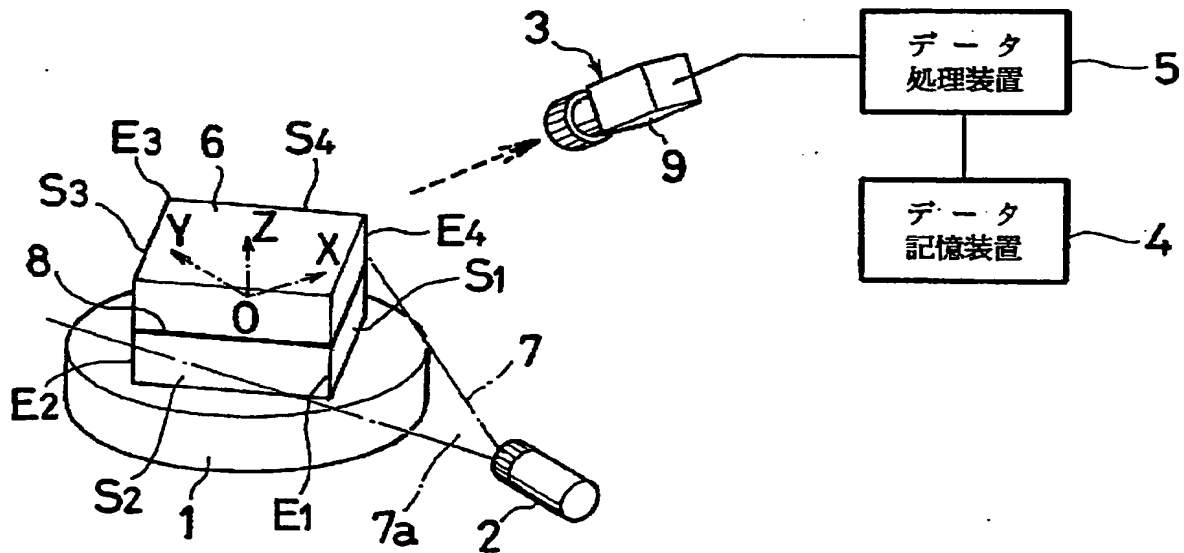
【図4】基準部材のスリット光面による水平断面形状を示す説明図である。

【符号の説明】

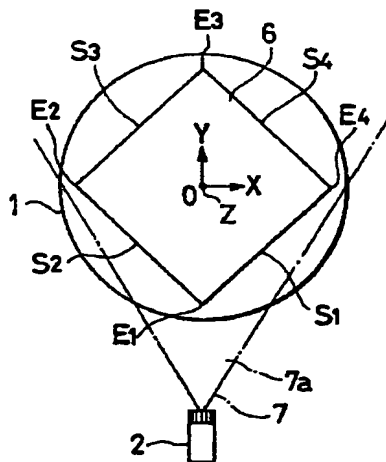
(1)	被測定物ステージ
(2)	スリット光源装置
(3)	2次元撮像装置
(4)	データ記憶装置
(5)	データ処理装置
(6)	基準部材
(7)	スリット光
(7a)	スリット光面
(8)	光切断線

(9)	テレビカメラ	(S1) (S2) (S3) (S4)	側面
(10)	光切断線像	P1、P2、P3、P4	頂点
(10a)	屈曲点	Q1、Q2、Q3、Q4	頂点
(E1) (E2) (E3) (E4)	稜線	R	回転中心点

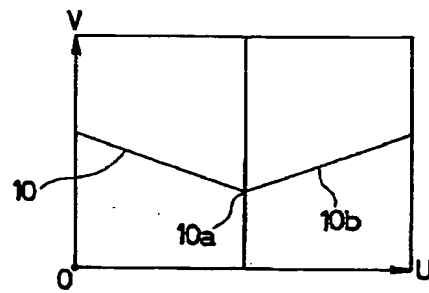
【図1】



【図2】



【図3】



【図 4】

